

УДК. 621.771.252

НЕОДНОРОДНОСТЬ ДЕФОРМАЦИИ В ПРОЦЕССЕ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ МЕДНЫХ ЗАГОТОВОК

Александр Юрьевич Постыляков

Юрий Николаевич Логинов

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Контактная информация: a.i.postyliakov@urfu.ru, j.n.loginov@urfu.ru

В работе выполнен расчет деформированного состояния в процессе сортовой прокатки медной заготовки прямоугольного поперечного сечения в ящичном калибре. Описаны основные аспекты постановки задачи конечно-элементного моделирования. Приведены результаты расчетов в виде распределения степени деформации в продольном и поперечном направлениях. Установлено, что деформированное состояние заготовки отличается значительной неоднородностью, а распространение деформации сначала происходит в направлении от приконтактной поверхности к центру заготовки, а затем в обратном направлении, от центральных слоев к поверхности.

Ключевые слова: электротехническая медь, сортовая прокатка, прямоугольный калибр, деформации, метод конечных элементов.

DEFORMATION HETEROGENEITY IN SHAPE ROLLING PROCESS OF COPPER BARS

Alexander Postyliakov

Yuri Loginov

FSAEI HPE «UFU named after the first President of Russia B.N. Yeltsin»

Contacts: a.i.postyliakov@urfu.ru, j.n.loginov@urfu.ru

In the present article strain state calculation in the shape rolling process of rectangular cross section copper bar in box caliber is performed. Main aspects of finite-element modeling problem formulation are described. Calculation results of strain distribution in the longitudinal and transverse directions are outlined. It has been defined that the deformed state of the bar has considerable heterogeneity and distribution of deformation occurs first in the direction from the contact surface to the center of the bar, and then in the opposite direction, from the central layers toward the surface.

Keywords: ETP copper, shape rolling, box caliber, strain, finite element method.

Медь находит широкое применение в таких отраслях промышленности как электроэнергетика, машиностроение, строительство и т. д. При этом наиболее востребованным видом продукции являются различные деформированные полуфабрикаты, и в частности, медная катанка, производство которой в последние годы осуществляется преимущественно методами совмещенных процессов литья-прокатки по технологическим схемам SOUTHWIRE (США), CONTIROD (Германия) и CONTINUUS PROPERZI (Италия) [1]. Общим для всех перечисленных технологий производства катанки является получение непрерывно-литой заготовки той или иной конфигурации и её последующая горячая сортовая прокатка на заданный диаметр. Процесс изготовления завершают операции охлаждения, осветления, нанесения воскового протекционного покрытия и смотка готовой катанки в бухты.

Объектом исследования настоящей работы является первый из 14-ти проходов непрерывной

прокатки заготовки прямоугольного поперечного сечения, осуществляемых в рамках процесса CONTIROD. Цель исследования состоит в количественной оценке величины неоднородности деформации в продольных и поперечных направлениях посредством конечно-элементного моделирования.

Для непрерывно-литой заготовки характерно крупнозернистое дендритное строение, обусловленное направленным отводом тепла при кристаллизации. Подобная структура обладает существенной анизотропией свойств, подробно описанной и исследованной в работах [2-4]. Это обстоятельство постулирует дополнительные требования при выборе режимов деформации и определяет актуальность задачи исследования неоднородности её распределения при различной совокупности определяющих параметров.

Конечно-элементное моделирование процесса прокатки и последующее изучение деформированного

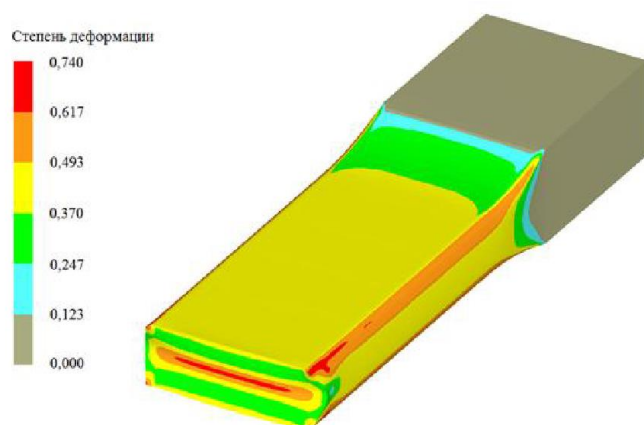


Рис. 1. Распределение степени деформации на общем виде деформированной заготовки

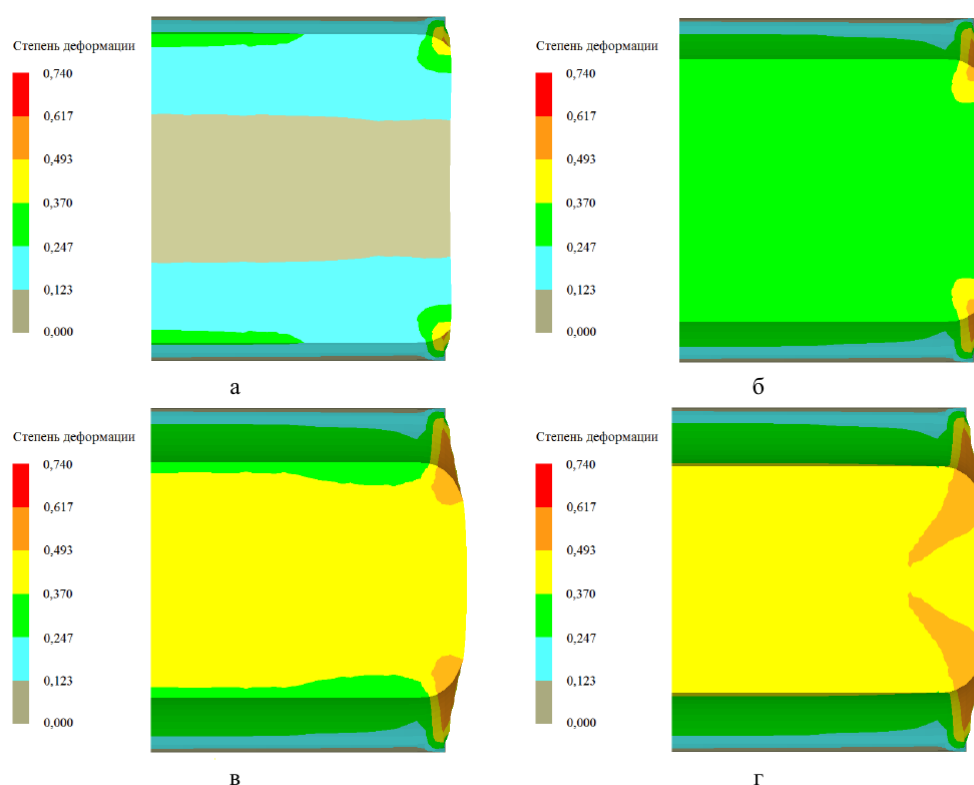


Рис. 2. Распределение степени деформации в поперечных сечениях полосы, выполненных на расстоянии: а – 60 мм; б – 40 мм; в – 20 мм от плоскости выходного сечения – г

состояния заготовки осуществлялось с использованием пакета DEFORM. Заготовка представляет собой прямоугольный параллелепипед длина, ширина и высота которого составляют 350, 120 и 70 мм, соответственно. Реологические свойства в условиях выбранной пластической упрочняющей среды определены кривыми упрочнения для меди марки M001 [5]. Температура заготовки, по данным производственных измерений, составляет 880 °С [6].

Прокатка осуществляется в прямоугольном (ящичном) калибре при частоте вращения вала равной 10,82 об/мин. Генерация сетки конечных элементов для вала не производилась.

Граничные условия задачи, к которым относятся значения показателя трения и обобщенного коэффициента теплопроводности, составляют 0,552 и 5 Н/с/мм/° С [6].

На рис.1 приведен общий вид деформированной заготовки, иллюстрирующий распределение степени деформации. Видно, что деформированное состояние переднего конца полосы характеризуется большей неоднородностью деформации по сравнению с остальной её частью на расстоянии, приблизительно равном величине абсолютного обжатия. Наибольшую деформацию в этой области, находящуюся в пределах 0,617-0,740, претерпевают кромки и центральная

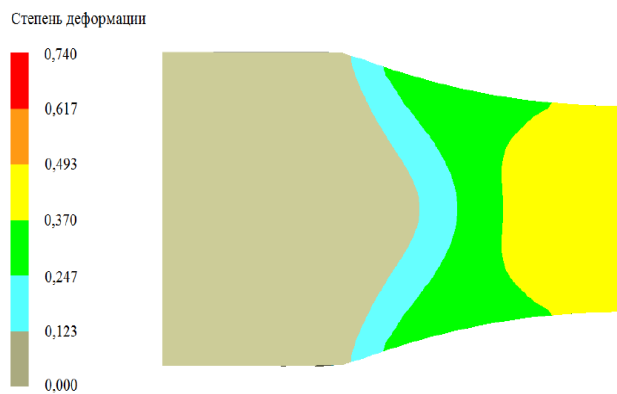


Рис. 3. Распределение степени деформации в продольном сечении

часть полосы. Средняя степень деформации на поверхности полосы составляет 0,370-0,493. При продвижении к центральной части величина деформации сначала уменьшается до 0,247-0,370, а затем снова увеличивается до предшествующих значений, достигая обозначенного максимума в центральной части.

Дальнейшее изучение неоднородности распределения деформации производилось посредством построения поперечных и продольных сечений заготовки, процесс прокатки которой достиг стационарной стадии. На рис. 2, а, рис. 2, б и рис. 2, в показано распределение степени деформации в поперечных сечениях деформированной заготовки, выполненных на расстоянии 60, 40, 20 мм от плоскости выходного сечения (рис. 2, г), соответственно.

Из представленных рисунков можно заключить, что вблизи плоскости входного сечения деформация наиболее интенсивно развивается на краях полосы и вблизи контактной поверхности, по мере дальнейшего продвижения к плоскости выходного сечения распространяясь вглубь объема заготовки. При этом, в определенный момент приконтактная поверхность оказывается деформированной меньше чем глубинные слои, что можно связать с подпиранием действием сил трения и соответствующей интенсификацией деформаций внутреннего сдвига. Однако в дальнейшем, в отличие от картины распределения деформаций в рассмотренном ранее переднем конце заготовки, в плоскости выхода достигается более однородное состояние, характеризующееся средней степенью деформации 0,370-0,493. Итоговая степень деформации кромок полосы, показывающая тенденцию к распространению в центральную часть, как и в случае с передним концом оказывается наибольшей, хотя и несколько меньшей по своему абсолютному значению, составляя 0,493-0,617.

Распределение степени деформации в продольном сечении заготовки приведено на рис. 3.

Видно, наличие в очаге деформации трех характерных зон, различающихся по степени деформации, размерам и форме. Первая зона, имеющая степень деформации в пределах 0,123-0,247, также отличается наименьшим размером и специфической с-образной формой, выгнутой в направлении прокатки. Вторая зона, степень деформации которой составляет 0,247-0,370, расположенная приблизительно в центре длины очага деформации, имеет в направлении прокатки прямой (на стыке с 1-ой зоной) и обратный (на стыке с 3-ей зоной) изгиб, соответственно. Степень деформации третьей зоны, охватывающей плоскость выходного сечения и визуально имеющей наибольший размер, выражается значениями 0,370-0,493.

Таким образом можно заключить, что:

- деформированное состояние заготовки отличается значительной неоднородностью;
- распространение деформации сначала происходит в направлении от приконтактной поверхности к центру заготовки (1-ая зона и 2-ая зоны), а затем обратно, от центральных слоев к поверхности (3-ья зона).

Библиографический список

1. Белый, Д.И. Современные технологии производства медной катанки для кабельной промышленности Д. И. Белый // Кабели и провода. -2011. № 5.- С.29 - 33.
2. Логинов, Ю.Н. Анизотропия механических свойств дендритной структуры непрерывно-литой кислородосодержащей меди / Ю.Н. Логинов, Р.К. Мысик. С.Л. Смирнов. С.В. Брусницын, А.В. Сулицин, И.А. Груздева Процессы литья. - 2009. № 3. - С. 50-58.
3. Логинов, Ю.Н. Формоизменение и сопротивление деформации анизотропной непрерывно-литой меди / Ю.Н. Логинов, А.Ю. Зуев. Заготовительные производства в машиностроении. – 2011. - № 1. - С.32 - 37.
4. Логинов, Ю.Н. Неоднородность структуры непрерывнолитой меди / Ю.Н. Логинов, А.Г. Илларионов, С.Л. Демаков, М.А. Иванова, Р.К. Мысик, А.Ю. Зуев // Литейщик России. - 2011. - № 11. – С. 28-32.
5. Prasad, Y.V.R.K. Hot working guide: a compendium of processing maps / Y. V. R. K. Prasad. S. Sasidhara // Ohio. ASM International, 1997. - 545 p.
6. Логинов, Ю.Н. Исследование контактного трения при непрерывной горячей прокатке катанки из электротехнической меди / Ю.Н. Логинов, Ю.В. Инарович, А.Ю. Зуев // Производство проката. - 2010. - № 2. - С. 14 – 18.